

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-218698

(43)Date of publication of application : 18.08.1995

(51)Int.Cl.

G21K 4/00  
A61B 6/00  
G01T 1/00  
G01T 3/00  
H01J 9/233

(21)Application number : 06-008195

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 28.01.1994

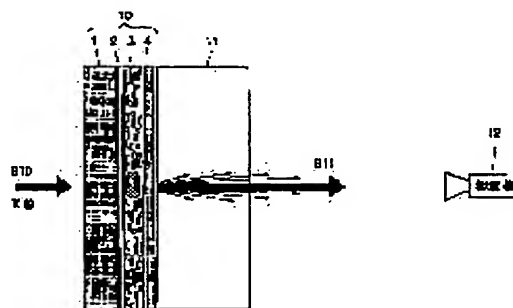
(72)Inventor : SATO NORITAKA

## (54) FLUORESCENT PLATE, RADIATION PHOTOGRAPHING DEVICE WITH THE USE OF IT AND PRODUCTION METHOD FOR THE FLUORESCENT PLATE

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce brighter images for observation.

CONSTITUTION: An X-ray B10 is guided to a fluorescent layer 3 by way of a support 1 and a light reflection layer 2. The light emitted from a fluorescent layer 3 is observed with an observer machine 12 through an optical multilayer thin film 4 and lead glass 11. The optical multilayer thin film 4 condenses the light emitted by the fluorescent layer 3 on the normal. By this, the observer machine 12 can observe brighter image and contrast and sharpness are also improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

3/4

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-218698

(43) 公開日 平成7年(1995) 8月18日

(51) Int. Cl.	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 2 1 K 4/00	A			
A 6 1 B 8/00	B 0 0 N	9183-4C		
G 0 1 T 1/00		9014-2G		
		9014-2G		
H 0 1 J 9/233	J			

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平6-8195

(22) 出願日 平成6年(1994) 1月28日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 佐藤 則孝

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

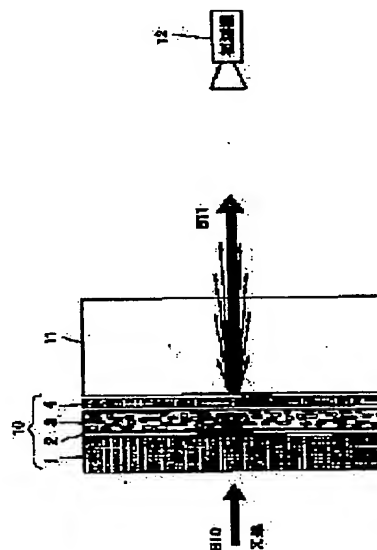
(74) 代理人 弁護士 榎本 義雄

(54) 【発明の名称】 蛍光板およびそれを利用した放射線検出装置、並びに蛍光板の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 より明るい画像を観測できるようにする。

【構成】 X線B10を、支持体1と光反射層2を介して蛍光体層3に入射させる。蛍光体層3より出射された光を、光学多層薄膜4と鉛ガラス11を介して観測機12により観測させる。光学多層薄膜4は、蛍光体層3より出射された光を法線に集中させる。これにより、観測機12は、より明るい画像を観測することができ、コントラスト、解像度も向上する。



FHP99  
-15AKR  
06.3.13

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射される放射線を可視光に変換する蛍光板において、

入射される前記放射線を前記可視光に変換する蛍光体層と、

前記蛍光体層の前記放射線の入射側とは反対側に配置され、前記可視光をその法線方向に集中させる光学多層薄膜とを備えることを特徴とする蛍光板。

【請求項 2】 前記光学多層薄膜の前記放射線の入射側と反対側に配置された、前記放射線の放出を抑制するガラスをさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の蛍光板。

【請求項 3】 前記ガラスは鉛ガラスであることを特徴とする請求項 2 に記載の蛍光板。

【請求項 4】 前記蛍光体層により発生された前記可視光が、前記放射線の入射側に放出されるのを阻止するように、前記蛍光体層の前記放射線の入射側に配置された光反射層をさらに備えることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の蛍光板。

【請求項 5】 前記放射線が入射される側に配置された支持体をさらに備え、前記光反射層は、前記支持体に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の蛍光板。

【請求項 6】 前記光学多層薄膜は、前記蛍光体層により発生される前記可視光のうち、主ピークの波長の可視光に対して、その透過率の特性が、角度依存性を有するショートパスフィルタを構成することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の蛍光板。

【請求項 7】 前記光学多層薄膜は、前記蛍光体層により発生される前記可視光のうち、主ピークの波長の可視光に対して、その透過率の特性が、角度依存性を有するバンドパスフィルタを構成することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の蛍光板。

【請求項 8】 前記光学多層薄膜は、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  のいずれかにより構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の蛍光板。

【請求項 9】 前記蛍光体層は、 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ 、 $\text{Tb}$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ 、 $\text{Eu}$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ 、 $\text{Pr}$ 、 $\text{CsI}$ 、 $\text{Na}$ 、 $\text{CsI}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}$ 、 $\text{Tb}$ 、 $\text{LaOBr}$ 、 $\text{Tb}$ 、 $\text{ZnCdS}$ 、 $\text{Ag}$  のいずれかにより構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の蛍光板。

【請求項 10】 前記請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の蛍光板を利用したことを特徴とする放射線撮影装置。

【請求項 11】 入射される放射線を可視光に変換する蛍光板の製造方法において、前記可視光を透過するガラス板の上に、前記可視光をその法線方向に集中させる光学多層薄膜を形成し、

前記光学多層薄膜の上に、入射される前記放射線を前記可視光に変換する蛍光体層を形成することを特徴とする

蛍光板の製造方法。

【請求項 12】 前記蛍光体層の表面を平面平滑化処理し、

その上に、前記蛍光体層により発生された前記可視光が、前記放射線の入射側に放出されるのを阻止する光反射層を形成することを特徴とする請求項 11 に記載の蛍光板の製造方法。

【請求項 13】 前記蛍光体層を形成した前記ガラス板に、支持体を接合することを特徴とする請求項 11 に記載の蛍光板の製造方法。

【請求項 14】 前記支持体の上に、前記可視光を反射する光反射層を形成した後、前記蛍光体層を形成した前記ガラス板と接合することを特徴とする請求項 13 に記載の蛍光板の製造方法。

【請求項 15】 入射される放射線を可視光に変換する蛍光板の製造方法において、

前記可視光を透過するガラス板の上に、前記可視光をその法線方向に集中させる光学多層薄膜を形成し、支持体の上に、入射される前記放射線を前記可視光に変換する蛍光体層を形成し、

前記蛍光体層を形成した前記支持体と、前記光学多層薄膜を形成した前記ガラス板とを接合することを特徴とする蛍光板の製造方法。

【請求項 16】 入射される放射線を可視光に変換する蛍光板の製造方法において、

支持体の上に、入射される前記放射線を前記可視光に変換する蛍光体層を形成し、

前記蛍光体層の表面を平面平滑化処理し、

前記蛍光体層の上に、前記可視光をその法線方向に集中させる光学多層薄膜を形成することを特徴とする蛍光板の製造方法。

【請求項 17】 前記光学多層薄膜を形成した前記支持体を、さらに前記放射線の通過を抑制するガラス板と接合することを特徴とする請求項 16 に記載の蛍光板の製造方法。

【請求項 18】 前記支持体の上に、前記蛍光体層を形成する前に、前記可視光を反射する光反射層を形成し、前記光反射層の上に、前記蛍光体層を形成することを特徴とする請求項 15、16 または 17 に記載の蛍光板の製造方法。

【請求項 19】 前記ガラスは鉛ガラスであることを特徴とする請求項 11 乃至 18 のいずれかに記載の蛍光板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば人体等の生体に X 線、粒子線、γ 線などの放射線を外から照射したり、あるいは、放射線の放射を投与して、その内部の状態を観察する場合に用いて好適な蛍光板およびそれを利用した放射線撮影装置、並びに蛍光板の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図18は、従来の蛍光板式X線テレビの一例の構成を示している。図示せぬX線発生装置より放射されたX線B10が、図示せぬ人体等の生体に照射される。そして、生体を透過したX線B10は、蛍光板10に入射される。

【0003】蛍光板10は、例えば合成樹脂などよりなる支持体1を有し、そのX線B10の入射側と反対側には、蛍光体層3が配置されている。この蛍光体層3は、例えば希土類蛍光体Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Tbを有しており、この蛍光体は、X線B10が入射されると、発光（可視光）B11を発生するようになされている。この光B11は、図中右方向の立体角 $2\pi$ の空間に放出されるが、その放出分布は、ランバート（Lambert）則に従ったものとなる。

【0004】光B11のうち、蛍光体層3の面に垂直な方向に放出される光B11-1は、鉛ガラス11を介して、ビデオカメラよりなる観測機12に入射される。この光B11-1の強度は、蛍光体層3に入射されるX線B10の強度に対応する。そして、この蛍光体層3に入射されるX線B10の強度は、生体の内部の状態に対応して変化する。その結果、観測機12により、生体の内部の状態に対応した画像を観察することができる。

【0005】鉛ガラス11は、X線B10が蛍光板10を透過して、観測機12（観察者）に照射されるのを抑制するために設けられている。

【0006】また、蛍光体層3において発生される光は、観測機12側に対して放出されるだけでなく、その反対側、即ち、支持体1側にも放出される。この支持体1側へ放出される光は、観測機12により観測することができないため、無駄な光となってしまう。

【0007】そこで、支持体1と蛍光体層3の間には、光反射層2が設けられている。この光反射層2は、蛍光体層3より入射された光を反射し、鉛ガラス11側へ放出させる。これにより、観測機12により、より多くの光（明るい画像）を観測することができるようになされている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来の蛍光板は、輝度とコントラストが低く、かつ、解鋭度が充分でない課題を有していた。

【0009】最初に、輝度が低い原因について説明する。輝度が低い原因の1つは、例えば図18に示すように、蛍光体層3より放出された光B11のうち、観測機12の方向以外の方向に放出される光B11-2により生じられる。即ち、このように、観測機12により捕集されない光B11-2が発生すると、その分だけ、観測機12により捕集される光B11-1の光量が少なくなる。このため、画像の輝度が低下するのである。

【0010】これを解決するには、例えば光学系を用い

て、光B11-2を集光し、観測機12に入射させることが考えられる。

【0011】しかしながら、例えば、Fナンバーが1.8のレンズを用いて、拡大率1/40で蛍光板10を観測すると、蛍光板10からの発光放出分布を考慮すると、蛍光板10から観測機12側に放出される全ての光のうち、観測される光は、 $5 \times 10^{-5}$ 程度と計算される。即ち、レンズにより集光しようとしても、その効率は極めて小さいものとなる。

【0012】そこで、光学系を大きくすることが考えられる。例えばX線間接撮影装置においては、大きな凹面鏡を用いて集光するミラーカメラ（この場合、観測機12はスチルカメラ）が提案されている。しかしながら、このミラーカメラは、装置自身が極めて大きくなるという課題を有している。

【0013】また、コントラストは、図19に示すように、外部から迷光B14が蛍光板10に入射されることによって低下する。そこで、この場合、蛍光板10と観測機12を暗箱13の内部に配置し、その内部に迷光B14が入射しないようにすることで、コントラストの低下を抑制することが可能である。

【0014】しかしながら、この場合、蛍光板10より放出された光B11の一部の光（観測機12で捕集されない光の殆どの光）が、暗箱13の内壁に照射されると、そこで乱反射され、光B12として、様々な方向に進行する。そして、この光B12のうちの一部の光B13が、蛍光板10に入射される。この光B13は、迷光と同様に作用するため、コントラストを低下させる。

【0015】そこで、このような場合、暗箱13の内壁を、つや消し処理したり、あるいは黒色塗料を塗布する等して、光吸収面とすることが考えられる。

【0016】しかしながら、内表面を完全吸収面にするのは困難であり、光B13は蛍光体層3に入射され、そこで散乱反射され、光B15として、各方向に進行する。この光B15のうち、蛍光板10と垂直な方向（法線方向）に進行した光B15-1は、観測機12に入射されるため、本来の光B11-1のコントラストを低下させる要因となる。

【0017】また、迷光B14を抑制する他の方法として、蛍光板10の観測機12側の面を、蛍光体層3より発生される光の波長以外の波長領域の光を吸収する染料で染色する方法（蛍光体層3の中または表面に染料を混ぜるか、鉛ガラス11がある場合は、その全体または表面を染色する方法）がある。この場合、光B13によるコントラストの低下を、より効果的に抑制するには、さらに、発光波長領域の光も吸収するようにする必要がある。しかしながら、そのようにすると、観測すべき光B11-1も吸収されるため、輝度（画像の明るさ）が低下してしまう。

【0018】次に、図20を参照して、解鋭度の低下の

原因について説明する。

【0019】同図に示すように、蛍光体層3により発生された光B11-2のうち、一部の光は、鉛ガラス11の表面で反射され、光B15として再び蛍光体層3に入射される。この光B15は、蛍光体層3で散乱反射され、光B17となる。この光B17のうちの一部の光B17-1は、蛍光板10の法線方向の光となり、観察鏡12に入射される。

【0020】このように、鉛ガラス11の表面で反射された光B15が蛍光体層3に入射され、そこで散乱反射される過程は繰り返しされるが、多重の反射、散乱反射により、次第に再入射光は減少する。従って、これらの光B17は、光B11が発生する場所の近傍において、局部的に発生するものとなる。このため、この光B17-1は、画像の鮮鋭度を低下させる要因となる。

【0021】このため、鉛ガラス11を染色し、光B15やB17の光量を抑制するようにすることが考えられる。しかしながら、そのようにすると、本来の光B11-1の光量も抑制されてしまい、輝度が低下してしまう課題が発生する。

【0022】そこで、さらに鉛ガラス11の表面に反射防止処理を施し、光B15の発生を抑制する方法も考えられるが、その効果は充分なものではない。

【0023】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、輝度とコントラストを改善するとともに、より大きな鮮鋭度が得られるようにするものである。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明の蛍光板は、入射される放射線を可視光に変換する蛍光板において、入射される放射線を可視光に変換する蛍光体層（例えば図1の蛍光体層3）と、蛍光体層の放射線の入射側とは反対側に配置され、可視光をその法線方向に集中させる光学多層薄膜（例えば図1の光学多層薄膜4）とを備えることを特徴とする。

【0025】この蛍光板には、光学多層薄膜の放射線の入射側と反対側に、放射線の放出を抑制するガラス（例えば図1の鉛ガラス11）を配置したり、蛍光体層により発生された可視光が、放射線の入射側に放出されるのを阻止するように、蛍光体層の放射線の入射側に光反射層（例えば図1の光反射層2）を配置したり、放射線が入射される側に支持体（例えば図1の支持体1）を配置し、光反射層を、支持体に形成させることができる。

【0026】光学多層薄膜は、蛍光体層により発生される可視光のうち、主ピークの波長の可視光に対して、角度依存性を有するショートパスフィルタを構成させるようにしたり、バンドパスフィルタを構成するようにすることができる。

【0027】光学多層薄膜は、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、TeO<sub>2</sub>、Te<sub>2</sub>O<sub>5</sub>のいずれかにより構成することができる。

【0028】蛍光体層は、Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Tb, Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Eu, Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Pr, CsI: Na, CsI: Tl, La<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Tb, La<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S: Tb, ZnCdS: Agのいずれかにより構成することができる。

【0029】また、このような蛍光板を利用して、放射線撮影装置を実現することができる。

【0030】本発明の蛍光板の製造方法は、入射される放射線を可視光に変換する蛍光板の製造方法において、可視光を透過するガラス板の上に、可視光をその法線方向に集中させる光学多層薄膜を形成し、光学多層薄膜の上に、入射される放射線を可視光に変換する蛍光体層を形成することを特徴とする。

【0031】この蛍光体層の表面を平面平滑化処理し、その上に、蛍光体層により発生された可視光が、放射線の入射側に放出されるのを阻止する光反射層を形成することができる。

【0032】また、蛍光体層を形成したガラス板に、支持体を接合したり、支持体の上に、可視光を反射する光反射層を形成した後、蛍光体層を形成したガラス板と接合するようにすることもできる。

【0033】さらに本発明の他の蛍光板の製造方法は、入射される放射線を可視光に変換する蛍光板の製造方法において、可視光を透過するガラス板の上に、可視光をその法線方向に集中させる光学多層薄膜を形成し、支持体の上に、入射される放射線を可視光に変換する蛍光体層を形成し、蛍光体層を形成した支持体と、光学多層薄膜を形成したガラス板を接合することを特徴とする。

【0034】本発明のさらに他の蛍光板の製造方法は、入射される放射線を可視光に変換する蛍光板の製造方法において、支持体の上に、入射される放射線を可視光に変換する蛍光体層を形成し、蛍光体層の表面を平面平滑化処理し、蛍光体層の上に、可視光をその法線方向に集中させる光学多層薄膜を形成することを特徴とする。

【0035】この光学多層薄膜を形成した支持体を、さらに放射線の透過を抑制するガラス板と接合するようにすることもできる。

【0036】また、支持体の上に、蛍光体層を形成する前に、可視光を反射する光反射層を形成し、光反射層の上に、蛍光体層を形成するようにしてもよい。

【0037】これらのガラスは鉛ガラスとすることができる。

【0038】

【作用】上記構成の蛍光板およびこれを用いた放射線撮影装置においては、蛍光体層により発生された可視光が、光学多層薄膜により、法線方向に集中される。従って、輝度とコントラストを改善し、また、鮮鋭度を向上させることが可能となる。

【0039】上記構成の蛍光板の製造方法においては、ガラス板の上に、光学多層薄膜、蛍光体層を順に形成することで、あるいは、支持体の上に、蛍光体層、光学多

層薄膜を順に形成することで、蛍光板が製造される。これにより、確実に、蛍光板を製造することができる。

【0040】あるいはまた、光学多層薄膜と蛍光体層を順次形成したガラス板に支持体を接合したり、蛍光体層を形成した支持体と、光学多層薄膜を形成したガラス板を接合することで製造される。従って、蛍光体層の表面の平面平滑化処理が不要となり、製造が容易となる。また、個別に製造したものを組み合わせるので、歩留まりを向上させることができる。

【0041】

【実施例】図1は、本発明の放射線撮影装置の一実施例の構成を示す図であり、従来における場合と対応する部分には同一の符号を付してあり、その説明は適宜省略する。この実施例においては、蛍光板10が光学多層薄膜4を有していることを特徴とする。この光学多層薄膜4は、蛍光体層3と鉛ガラス11の間に配置される。その他の構成は、従来の場合と同様である。

【0042】光学多層薄膜4は、図2に示すように、複数の（ $k$ 枚）の薄膜41乃至4 $k$ により構成される。これらの薄膜41の屈折率 $n_1$ は、低屈折率と高屈折率となるように構成される。低屈折率の物質としては、例えば、二酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）、酸化アルミ（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）を用いることができ、また、高屈折率の物質としては、例えば、二酸化チタン（ $\text{TiO}_2$ ）、酸化タンタル（ $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ）または $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ）を用いることができる。

【0043】光反射層2は、例えば高反射率のアルミニウムなどの薄膜や誘電体ミラーにより構成することが可能であるが、特別に光反射層2を形成するのではなく、支持体1を、例えば白色の合成樹脂で構成する場合、その表面を、そのまま光反射層2として用いるようにすることも可能である。

【0044】本発明に用いる蛍光体としては、従来求められてきた基本的な特性、即ち、 $\times$ 線吸収率が良好であること、発光効率が良いこと、発光寿命（残光特性）が良好であること等に加え、光学多層薄膜4に対する作用の点から、発光主ピークの全発光に対する割合が大きく、かつ、それが輝線（波長帯域が狭い光）であることが望ましい。

【0045】尚、蛍光体層3は、蛍光体粉体を所定の基板（後述するように、支持体1または光学多層薄膜4を形成した鉛ガラス11）に塗布して作成したり、あるいはスパッタリングや蒸着などにより形成することが可能である。

【0046】蛍光体層3としては、従来の場合と同様に、希土類蛍光体である $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ の他、 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Eu}$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Pr}$ 、 $\text{CsI}:\text{Na}$ 、 $\text{CsI}:\text{Tl}$ 、 $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ 、 $\text{LaOBr}:\text{Tb}$ 、 $\text{ZnCdS}:\text{Ag}$ などを用いることができる。例えば $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ は、図3に示すような発光スペクトルを有し、その主発光ピーク波長は545nmであり、緑色の光

となる。

【0047】光学多層薄膜4は、所謂光学干渉フィルタを構成するものであり、蛍光体層3の発生する光の主発光ピーク波長（545nm）の光が入射角0度で入射されるとき、それをできるだけ減衰せずに（当然、反射も少なくし）、透過するような特性を有するように作成される。

【0048】この光学多層薄膜4の特性は、図4に示すように、約560nmより短い波長の光を透過させるショートパスフィルタ型（SPF型）のもの、または、図5に示すように、主発光ピーク波長（545nm）を中心とする所定の波長領域の光を透過させるバンドパス型（BPF型）とする。

【0049】いずれの型のフィルタであるとしても、光学多層薄膜4は、所望の波長の光を透過するだけでなく、それ以外の波長の光を、吸収するのではなく、反射するものであることが好ましい。

【0050】図2に示した薄膜41の厚さと、その層の数を適宜調節することで、光学多層薄膜4を所望の特性に設定することが可能である。この光学多層薄膜4の全体の厚さは、数 $\mu\text{m}$ 程度である。

【0051】この光学多層薄膜4は、合成樹脂の支持体1の表面に、必要に応じて光反射層2を形成し、その上に蛍光体層3を形成し、その蛍光体層3上に、蒸着、スパッタリングあるいは印刷等の手法により形成することが可能である。この場合、蛍光体粉体を塗布することで、蛍光体層3を形成すると、その表面が粗面となるため、平面平滑化処理した上で蛍光体層3上に光学多層薄膜4を作成するようにする。そして、必要に応じて、光学多層薄膜4の上に鉛ガラス11を接合する。

【0052】あるいはまた、光学多層薄膜4を、鉛ガラス11の蛍光体層3側に形成することも可能である。即ち、鉛ガラス11の上に、光学多層薄膜4を形成したものと、支持体1の上に光反射層2を必要に応じて形成し、その上に蛍光体層3を形成したものを用意する。そして、両者の光学多層薄膜4を形成した面と、蛍光体層3の面とを密着させるようにする。

【0053】このとき、構造上、蛍光体層3と光学多層薄膜4の間に若干の間隙が形成されてしまうことがある。この間隙があると、画像の解像度が低下することになる。しかしながら、蛍光体層3の平面平滑化処理が不要となるため、製作が容易となる効果がある。また、別個に用意した支持体1（光反射層2が形成されている）と、鉛ガラス11（光学多層薄膜4が形成されている）とを組み合わせるので、歩留まりを向上させることができる。

【0054】さらに、他の例として、例えば、鉛ガラス11の上に光学多層薄膜4を形成し、その上に蛍光体層3を形成し、蛍光体層3の表面を平面平滑化処理した後、そこに、さらに光反射層2を形成するようにするこ

とも可能である。このようにすれば、支持体1が不要になり、構成が簡略化され、薄型化が可能となる。

【0055】この他、鉛ガラス11の上に光学多層薄膜4を形成し、その上に蛍光体層3を形成し、この鉛ガラス11に必要に応じて光反射層2を形成した支持体1を接合するようにすることもできる。この場合も、蛍光体層3の平面平滑化処理が不要となるため、製作が容易となる効果がある。また、個別に作成したものを組み合わせるので、歩留まりを向上させることができる。

【0056】以上のように、光反射層2、蛍光体層3および光学多層薄膜4は、種々の方法で形成することが可能である。

【0057】また、これらの構成のうちの基本（最低必要なもの）は、蛍光体層3と光学多層薄膜4である。従って、例えば、図1に示した構成のうち、光反射層2が無いものでもよい。

【0058】尚、鉛ガラス11は、放射線の放出を抑制する必要がない場合、省略したり、通常のガラスとすることもできる。

【0059】次に、図1の実施例の作用について説明する。図示せぬ発生手段から発生されたX線B10は、図示せぬ人体等の生体に照射される。この生体を透過したX線B10は、支持体1および光反射層2を殆ど透過することなく通過し、蛍光体層3に入射される。X線B10は、蛍光体層3によりその大部分が吸収される。このとき、蛍光体層3の蛍光体は、入射するX線強度に比例した光B11を発生する。即ち、X線画像が蛍光体層3によって可視光の画像に変換される。

【0060】X線の一部は、蛍光体層3、さらに光学多層薄膜4を透過した後、鉛ガラス11に入射されるが、そこで殆ど吸収される。これにより、観察者（観測機12）がX線の被曝から保護される。

【0061】蛍光体層3により発生された光は、大きく分けて、蛍光体層3のX線入射側（図1において左側）と、観測側、即ち、観測機12の存在する側（図1において右側）に進む。図1において左方向に進んだ光は、光反射層2により反射され、図中右方向に進行方向が反転される。これにより、観測機12により、より多くの光（明るい画像）を観測することが可能となる。

【0062】蛍光体層3の光放出側面（観測側の面）は散乱面であるため、光学多層薄膜4が存在しない場合においては、上述したように、ランバート則に従って、図6の黒い菱形で示すように光が放出される。

【0063】尚、図6において矢印は、X線B10の入射方向を示し、円周上の数字は、放出される光の角度を表し、径方向の数字は、光量（分光感度（量子効率）が発光波長領域で、一定の観測機で計測した光量）を表している。

【0064】また、図6（後述する図13、図14、図15も同様）は、0度の線を含む水平断面における右側

の90度の範囲のみを示しているが、実際には、0度の線を中心として、360度回転したような分布となる。

【0065】しかしながら、本実施例においては、蛍光体層3の前面に光学多層薄膜4が配置されているため、この光学多層薄膜4の作用により、光の放出分布特性が、図6において、黒い四角または白い四角で示したようになる。

【0066】図6において、黒い四角は、光学多層薄膜4を、図4に示すように、S-P-F型の特性に設定した場合のものであり、白い四角は、図5に示すように、B-P-F型の特性に設定した場合のものである。いずれの特性に設定した場合においても、光学多層薄膜4を設けない場合（図6において、黒い菱形で示す場合）に比べて、光が蛍光板10の法線方向に集中するようになっていることが判る。換言すれば、鋭い指向性を有するようになっていることが判る。

【0067】次に、この分布が法線方向に集中する原理について説明する。

【0068】光学多層薄膜4は、光の入射角度に対応して、その透過率（従って反射率）の特性が変化する。即ち、光学多層薄膜4は、透過率の角度依存性を有する。

【0069】図7は、光学多層薄膜4をS-P-F型とした場合における透過率スペクトルを表している。図7に示すように、入射角度が大きくなると、光学多層薄膜4の透過率（反射率）の特性は、短波長シフトを起こす。換言すれば、光学多層薄膜4は、光の主ピークの波長（545nm）において、このような透過率（反射率）が入射角度によって変化するよう（角度依存性を有するよう）に形成されている。図7の実施例においては、入射角度が0度から30度の範囲においては、約90%前後の透過率を有するが、入射角度が45度以上となると、透過率は50%以下に低下している。

【0070】従って、主ピーク付近の波長（緑色の光）は、蛍光体層3から光学多層薄膜4に入射する入射角度が小さいものは、光学多層薄膜4を透過し、略同一の角度で蛍光板10（鉛ガラス11）から放出される。

【0071】しかしながら、蛍光体層3から光学多層薄膜4に対して、大きな入射角度で入射した光は、その波長が主ピーク付近の光であったとしても、光学多層薄膜4を透過できず、反射され、蛍光体層3へ戻される。この戻された光は、蛍光体層3の蛍光体で散乱反射される。そして、再び光学多層薄膜4へ様々な角度で入射する。このような一連の過程が繰り返され、最終的に蛍光板10から空間への光放出特性は、大きな出力角の光が少なく、小さい出力角の光が多くなるものとなる。即ち、図6に示すように、蛍光板10の法線に集中して光が放出されることになる。

【0072】蛍光板10の法線方向への光の集中化により、蛍光板10の正面での輝度（画像の明るさ）が従来における場合より向上する。図6に示すように、S-P-F



型の光学多層膜4を用いた場合（黒い四角で示す場合）、蛍光板10の法線方向（0度の方向）においては、光学多層膜4を用いない場合（黒い菱形の場合）に比べて、輝度は約40%程度高くなる。また、BPF型の場合（白い四角の場合）も、従来の場合（黒い菱形の場合）より法線方向の輝度が大きくなっている。

【0073】ところで、蛍光体層3の蛍光体は、図3に示すように、主ピーク以外の波長の光も発生する。図3の実施例においては、400nm付近の青色の光も発生している。このような主ピーク以外の波長の光に対する光学多層膜4の作用は、光学多層膜4の型によって異なる。

【0074】即ち、例えば図4に示すように、光学多層膜4をSPF型に設定した場合、この、より短い波長の領域の光（青色光）では、図7に示すように、入射角度依存性が少なくなる。従って、主ピークの波長の光のように法線方向に集中した光は殆ど得られない。その結果、この波長の光は、光学多層膜4が設けられていない従来の場合と同様になる。

【0075】一方、光学多層膜4を、図5に示すように、BPF型に設定した場合、主ピークの波長の光は、SPF型の場合と同様になる。これに対して、主ピーク以外の波長の光は、光学多層膜4を通過することができない。従って、主ピーク以外の波長の光に起因する悪影響が、SPF型の場合より少なくなり（理想的には、全くなくなり）、コントラストの点で有利となる。但し、図6に示すように、光学多層膜4の特性をBPF型にすると、主ピーク以外の波長の光が観測されない分、輝度の点では、SPF型にした場合に比べて劣ることになる。

【0076】次に、コントラストの向上と解鋭度の向上の原理について説明するが、いずれも略共通の原理となる。両者の差は、光の反射による悪影響が、光学多層膜4による作用が現れる光の主ピーク波長に関し、蛍光板10の面積に対し、マクロ的（全体的）に現れるか、ミクロ的（局所的）に現れるかの差となる。

【0077】図8は、コントラストの向上の原理を説明するものである。同図に示すように、外部からの発光B14は、蛍光板10、鉛ガラス11、および観測機12を、暗箱13の内部に収容することで抑制することができる。これにより、コントラストが向上する。この点は、従来の場合と同様である。

【0078】また、図8に示すように、蛍光体層3より放出された光B11のうち、法線方向から大きく外れた角度に放出された光が、暗箱13の内壁に照射されると、そこで反射され、光B12-2として、各方向に進行する。そのうちの一部が光B13として蛍光体層3に戻されると、光B13はそこで散乱反射される。この散乱反射された光の一部は、不要な光（本来、観測機12で観測される必要のない光）となるため、コントラスト

が低下する要因となる。

【0079】しかしながら、上述したように、本実施例においては、光学多層膜4が設けられている結果、光B11は法線に集中することになる。このため、暗箱13の内壁により反射される光B12-2は、従って、光B13の光量は、従来の場合に比べて少ないものとなり、コントラストの改善が実現される。

【0080】さらにまた、上述したように、光学多層膜4は角度依存性を有し、大きな入射角度で入射した光B11を、光B20として、そこで反射する。その結果、戻る光B13が蛍光体層3に達せず、そこで散乱反射されることが抑制されるので、コントラストが改善される。

【0081】図9は、解鋭度の向上の原理を表している。図9に示すように、光B11のうち、一部の光が鉛ガラス11の表面で反射され、光B16として、光学多層膜4側に戻される。そして、この光B16が蛍光体層3に達すると、そこで散乱反射される。これが光B17-1として、観測機12により観測されると、解鋭度が低下する要因となる。

【0082】しかしながら、上述した場合と同様に、光B11は法線方向に集中されており、鉛ガラス11の表面で反射され、戻される光B16から発生される光B17-1の発光点からの広がり小さくなるから、解鋭度の低下が抑制される。

【0083】また、戻る光B16のうち、入射角が大きいものは、光B18として光学多層膜4で反射され、蛍光体層3には入射されず、従って、解鋭度の低下が抑制される。

【0084】光学多層膜4がSPF型の場合、上述したように、主ピークの波長の光において、図8と図9に示した原理に従って、コントラストと解鋭度の向上が期待される。

【0085】これに対して、より短い波長（例えば、400nm）の光においては、光学多層膜4の透過率が角度依存性を有しないため、図8と図9に示したようなコントラストと解鋭度の向上を期待することが困難である。しかしながら、主ピークの波長の光において、図8と図9に示した原理に従ってコントラストと解鋭度の向上を実現することができるため、結局、総合的に、従来の場合に比べて、コントラストと解鋭度の向上を実現することが可能となる。

【0086】一方、光学多層膜4をBPF型とした場合、通過される主ピークの波長の光に対しては、SPF型の短波長の光に対する作用と同様に、集中と角度依存性に起因して、図8と図9に示すようなコントラストと解鋭度の向上を期待することができる。

【0087】一方、主ピーク付近以外の波長の光は、蛍光体層3に侵入することが困難となり、その殆どは光学多層膜4で反射される。従って、その分だけ、コント

ラストと解鋭度が向上する。即ち、上述したように、BPF型のものは、SPF型のものに比べ、輝度の点では劣るが、コントラストと解鋭度の点で有利となる。

【0088】ところで、光学多層薄膜4を設けると、集光化の過程において、光学多層薄膜4で反射され、蛍光体層3へ戻される光が発生する。このような光が存在すると、鉛ガラス11からの反射光がある場合のように、解鋭度の劣化の要因となる恐れがある。しかしながら、鉛ガラス11は、その厚さが通常約5mmであるのに対し、光学多層薄膜4は数 $\mu\text{m}$ であり、非常に薄い。従って、光学多層薄膜4により反射された光による蛍光体層3の発光点からの光の広がりには、実質的に無視することができる。このため、光学多層薄膜4の厚さによる解鋭度の低下は、従来の場合に比べれば、殆ど無視することができる。

【0089】次に、光学多層薄膜4により構成するSPF型の光学干渉フィルタの具体例について説明する。

【0090】本発明における光学干渉フィルタで重要なことは、透過率と反射率を加算したとき、略100%となるようにすることである。即ち、減衰をできるだけ抑制することである。また、次に重要なことは、透過率（または反射率）が入射角度依存性を有することである。この2つの特性から、角度放出分布を蛍光板面の法線方向に集中させることが可能となる。

【0091】光学干渉フィルタは、一般的に入射角度を0度として使用するものなので、入射角度0度における透過率が50%となる波長で、その特性が規定される。発明者は、透過率50%の波長が、586nm (SPF3)、574nm (SPF4)、560nm (SPF5)または551nm (SPF6)の4種類の光学干渉フィルタを試作した。図10乃至図12は、このうちの、透過率50%の波長が、586nm (SPF3)、574nm (S

PF4)、または560nm (SPF5)の光学干渉フィルタの透過率スペクトルを表している。

【0092】また、図13には、図10乃至図12に示す光学干渉フィルタの545nmの波長における透過率の角度依存性を表している。図中、白い四角が図10の、黒い菱形が図11の、また白い菱形が図12の、それぞれ特性に対応している。尚、この図13には、さらに透過率50%の波長が551nmである光学干渉フィルタ (SPF6)の特性も、黒い三角で示されている。

【0093】図13に示すように、SPF3、SPF4またはSPF5においては、入射角度が小さい角度の範囲で、透過率が約94%と高い値となっている。これに対して、入射角度が大きい角度範囲においては、透過率が数%と低い値となっている。しかしながら、SPF6のように、透過率50%の波長を545nmの値に近づけて過ぎると、入射角が0度であったとしても、主発光ピーク波長の透過率の値そのものが小さくなってしまふ。

【0094】これに対して、例えば波長が415nmである光について考慮すると、図10乃至図12に示すように、角度依存性が殆ど存在しないことになる。換言すれば、この波長の光に対しては、光学干渉フィルタが存在しない場合と同様となる。

【0095】このように設計した光学多層薄膜4（光学干渉フィルタ）を、蛍光体層3と組み合わせると、所定の波長における放出角度分布は、理論的には次のようになる。

【0096】即ち、蛍光体層3からの光の放出角度範囲を $10\cos\theta$ とすると、光学多層薄膜4を介して放出される光の放出角度分布は、次式で表される。

【0097】

【数1】

$$\sec\theta \times \left( \frac{T_\theta}{1-K} \right)$$

$\theta$ : 干渉フィルタがない場合の角度  $\theta$  度  
(蛍光板 10 の法線方向)の光の量

$\theta$ : 角度

$T_\theta$ : 干渉フィルタの角度  $\theta$  における透過率

但し、

$$K = r \int_0^{\pi/2} (\sin 2\phi) R_\phi d\phi$$

である。また、

$\phi$ : 角度

$R_\phi$ : 干渉フィルタの角度  $\phi$  における反射率  
( $R_\phi = 1 - T_\phi$ )

$r$ : 蛍光体層 3 の反射率

である。

【0098】これに対して、上述したSPF3乃至SPF6の光学多層薄膜4を、蛍光体層3に実際に組み合わせた場合の発光放出角度分布を図示すると、図14に示すようになる。図中、白の四角がSPF3を用いた場合の分布であり、黒の菱形がSPF4を用いた場合の分布であり、白の菱形がSPF5を用いた場合の分布であり、黒の三角がSPF6を用いた場合の分布である。また、黒の四角は、光学多層薄膜4を設けない場合の分布を示している。尚、この図14の径方向の値は、光量(分光感度(量子効率)が発光波長領域で、一定の観測機で計測した光量)を表している。

【0099】光学多層薄膜4を設けない場合(黒の四角の場合)、即ち、従来のものでは、どの波長の光に対しても、その発光角度分布はcos型となる。これに対して、光学干渉フィルタ(光学多層薄膜4)を備えた場合、その放出角度分布は、フィルタ毎に異なる。また、ある1つのフィルタにおいても、波長によって、放出角度分布は異なる。

【0100】このような発光放出角度分布の光を、所定の分光感度の観測機12により観測すると、分光感度が一定の場合、全ての波長の光の角度放出分布の単純な積分(平均)となる。図14は、このような観測結果に基づいている。

【0101】図14の角度分布をcos(5度)の値で正規化すると、図15に示すようになる。尚、図15において、白の三角はcos $\theta$ を表している。

【0102】更に、より高い輝度やコントラストを得るためには、図14の発光放出角度分布が、より鋭い指向

性を有するものであるような光学干渉フィルタが好ましい。即ち、50%波長位置が、545nmに近いもの程好ましい。しかしながら、光学多層薄膜4を、どのような特性に設定すればよいのかは、それが組み込まれた蛍光板を用いる装置の目的、条件等により変化する。換言すれば、蛍光板だけを考えても、光学多層薄膜4(光学干渉フィルタ)の特性を決定することはできない。そこで次に、使用目的に対応した光学多層薄膜の具体例について説明する。

【0103】いま、簡単のため、例えば図16に示すように、蛍光板10が、半径30cmの円板状であり、蛍光板10から観測機12までの距離が80cmであるとする。と、その半画角は約20度となる(蛍光板10が矩形である場合は、その対角線の長さから、半画角が決定される)。観測機12のレンズの直径は、例えば1.0cm以下のものとする。観測機12の分光感度(量子効率)は、蛍光体の発光波長の範囲においては一定であるとする。また、蛍光板10は、観測機12を中心とする内球面やフレネル面ではなく、平面であるものとする。さらに、X線は、蛍光板10の全面に均一に照射され、蛍光体層3は一様に発光しているものとする。この場合、上述した光の放出角度が、観測機12から蛍光板10を観測する角度に対応することになる。

【0104】例えば、蛍光板10の全面を均一に明るく観測したい場合、光の角度分布が0度乃至20度(半画角)の範囲において、cos型になっていればよい。従って、図15に示した実施例においては、SPF4を用いたもの(図15において、黒の菱形で表されているも

の)が適していることが判る。

【0105】SPF5(図15において、白の菱形で表されているもの)を用いたものは、15度までは、ほぼcos型(図15において、白の三角で表されているもの)と同様の相対光量を有しているが、20度においては、cos型より小さくなっているため、この目的のためには、あまり好ましいものではない。即ち、20度(画面の周辺部)においては、0度(画面の中心部)の場合に比べて暗くなる。従って、蛍光板10は、従来のものより明るいものの(図14の黒の四角で示す20度の値と、白の菱形で示す20度の値とを比較して明らかに、従来のものよりは明るい)、中心部に比べると、周辺部が暗く観測されてしまうことになる。

【0106】図17は、このことを模式的に表している。同図に示すように、法線方向に光が集中し過ぎると、観測機12は、蛍光板10の中心部の光としては法線方向の光を検出するが、周辺部の光としては法線から離れた角度の光を検出する。このため、中心部は明るくとも、周辺部が暗く観測されてしまうことになる。

【0107】また、SPF3を用いたもの(白の四角で示すもの)と、SPF6を用いたもの(黒の三角で示すもの)は、中心部から周辺部になるに従って、次第に暗く観測されるので、やはり、目的のためには、あまり好ましくない。

【0108】一方、蛍光板10を、明るさの均一性は問わず、従来のもの(光学多層薄膜4を用いないもの)よりは明るく観測したい場合、図14に示すように、SPF6(黒の三角で示すもの)以外のSPF3(白の四角で示すもの)、SPF4(黒の菱形で示すもの)、またはSPF5(白の菱形で示すもの)を用いたものは、いずれも半画角20度の範囲において、従来の場合(黒の四角で示すもの)より明るくなっている。従って、これらのいずれをも、この目的のために使用することが可能である。但し、SPF3を用いたものは、SPF4およびSPF5を用いたものに比べ、より均一性が劣っている。

【0109】さらに、所定の領域の中心部分だけでも、非常に明るく観測したい場合においては、その中心部分の半画角に相当する角度範囲に、光が集中していればよい。周辺部においては、例えば従来の場合と同等の明るさ(光学多層薄膜4を用いない場合と同等の明るさ)であれば充分となる。この場合、図14に示すように、SPF6を用いたものとするのがよい。

【0110】あるいはまた、具体的には図示していないが、周辺部が従来のものより暗くならなくても、中心部さえより一層明るくなればよいのであれば、図14において、さらに集中化(指向性化)された分布のものを選ぶようにすればよい。また、関心のある所定の領域が均一に明るい必要があるのであれば、その範囲において、図13の透過率が平坦な角度範囲のもの(図14の分布が

cos型に近いもの)を設定するようにする。

【0111】このように、光学多層薄膜4の特性は、目的に応じて設計される。但し、光学多層薄膜4の材料や層数、層の厚さにより、透過率50%の波長位置が同じ光学多層薄膜でも、その透過率スペクトルの角度依存性が異なるもの(シフト量異なるもの)を作ることが可能である。従って、ここで示したような光学多層薄膜4の透過率50%の波長位置だけに基ついて、光学干渉フィルタを設計するのではない。重要なことは、使用される装置の目的に対応して、蛍光体の主な発光ピーク波長で透過率の角度依存性を持つように設計することである。

【0112】以上、本発明を蛍光板式X線テレビに用いた場合を例として説明したが、本発明は、透視装置、間接撮影装置(ミラーカメラ)等の放射線診断装置を始め、光、熱、応力、電圧等の各種の読み出し方法によって放出される輝尽蛍光を、光学多層薄膜により光検出器方向に集中させ、感度の向上とコントラストの向上を図るようにしたイメージングプレートに適用することができる。

【0113】あるいはイメージングインテンシファイアのように、放射線を可視光に直接変換するのではなく、放射線を一旦可視光に変換し、その可視光を電子線に変換し、その電子線をさらに可視光に変換する装置(本明細書においては、このように、放射線が直接的に可視光に変換される装置はもとより、間接的に可視光に変換される装置も、放射線を可視光に変換する装置とする)にも適用が可能である。

【0114】さらに、これらの医療用機器の他、非破壊検査X線テレビ等の非医療用の放射線撮影装置にも適用することが可能である。

【0115】

【発明の効果】以上の如く本発明の蛍光板およびそれを利用した放射線撮影装置によれば、蛍光体層より放出された光を、光学多層薄膜により法線方向に集中させるようにしたので、より明るい画像を観測することができ、コントラストあるいは解像度の向上を図ることが可能となる。

【0116】また、本発明の蛍光板の製造方法によれば、ガラス板の上に、光学多層薄膜、蛍光体層を順に形成することで、あるいは、支持体の上に、蛍光体層、光学多層薄膜を順に形成することで、蛍光板が製造される。これにより、確実に、蛍光板を製造することができる。

【0117】あるいはまた、光学多層薄膜と蛍光体層を順次形成したガラス板に支持体を接合したり、蛍光体層を形成した支持体と、光学多層薄膜を形成したガラス板を接合することで製造される。従って、蛍光体層の表面の平面平滑化処理が不要となり、製造が容易となる。また、個別に製造したものを組み合わせるので、歩留まり

を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の蛍光板を応用した蛍光板式X線テレビの構成を示す図である。

【図2】図1の光学多層薄膜4の構成例を示す図である。

【図3】図1の蛍光体層3の発光特性を示す図である。

【図4】図1の光学多層薄膜4のフィルタ特性を説明する図である。

【図5】図1の光学多層薄膜4の他のフィルタ特性を説明する図である。

【図6】図4と図5に示した特性の光学多層薄膜4を用いた蛍光板の発光放角度分布を説明する図である。

【図7】図1の光学多層薄膜4の透過率スペクトルの角度依存性を説明する図である。

【図8】コントラスト向上を説明する図である。

【図9】解鋭度向上を説明する図である。

【図10】図1の光学多層薄膜4をSPF型とした場合の透過率スペクトルを示す図である。

【図11】図1の光学多層薄膜4を他のSPF型とした場合の透過率スペクトルを示す図である。

【図12】図1の光学多層薄膜4をさらに他のSPF型とした場合の透過率スペクトルを示す図である。

【図13】図10乃至図12に示した特性の角度特性を

説明する図である。

【図14】図1の蛍光体層3と各種の特性の光学多層薄膜4を組み合わせた場合の光の角度分布特性を説明する図である。

【図15】図1-4の特性を $\cos(5^\circ)$ で正規化した場合の図である。

【図16】半画角を説明する図である。

【図17】正面に光が集中し過ぎた場合の作用を説明する図である。

【図18】従来の放射線撮影装置の構成を示す図である。

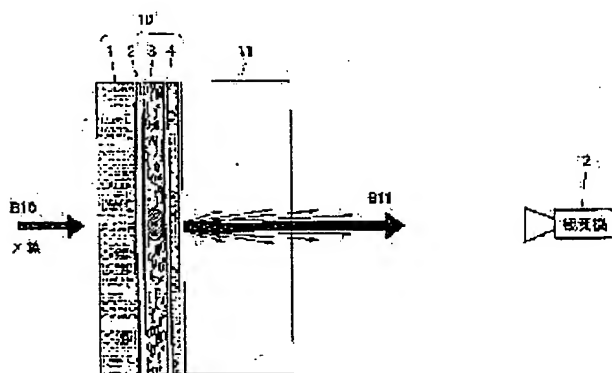
【図19】図18の例においてコントラストの低下の原理を説明する図である。

【図20】図18の例において解鋭度の低下の原理を説明する図である。

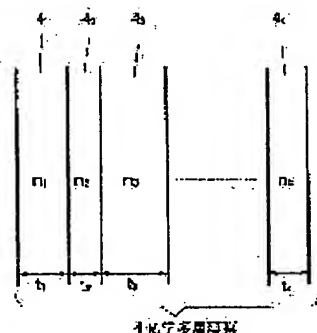
【符号の説明】

- 1 支持体
- 2 光反射層
- 3 蛍光体層
- 4 光学多層薄膜
- 10 蛍光板
- 11 鉛ガラス
- 12 観測機

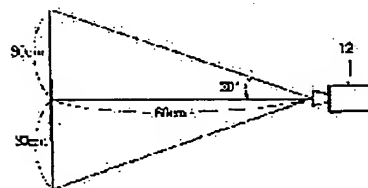
【図1】



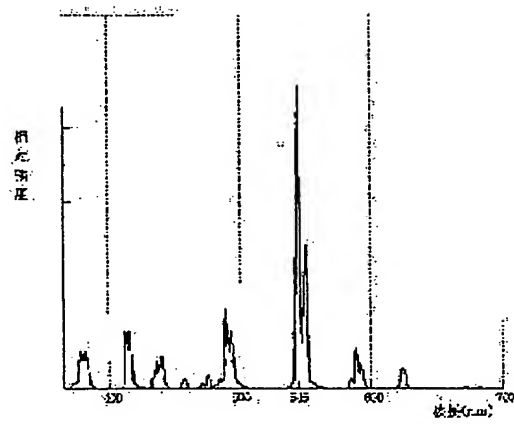
【図2】



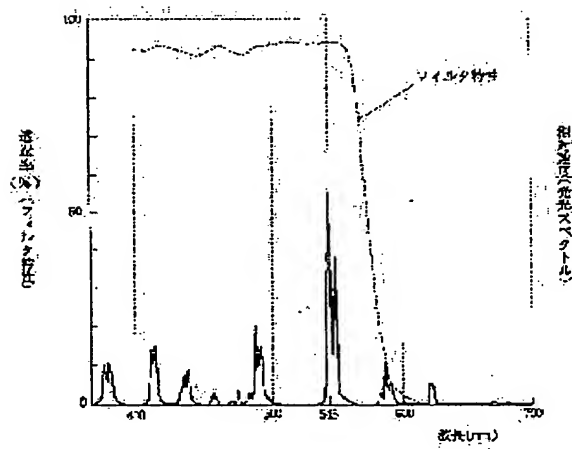
【図16】



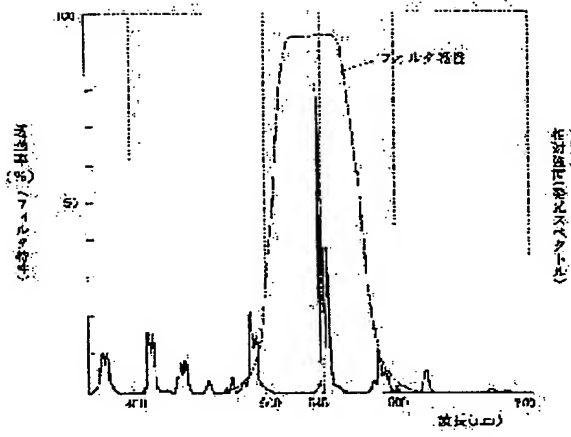
【図3】



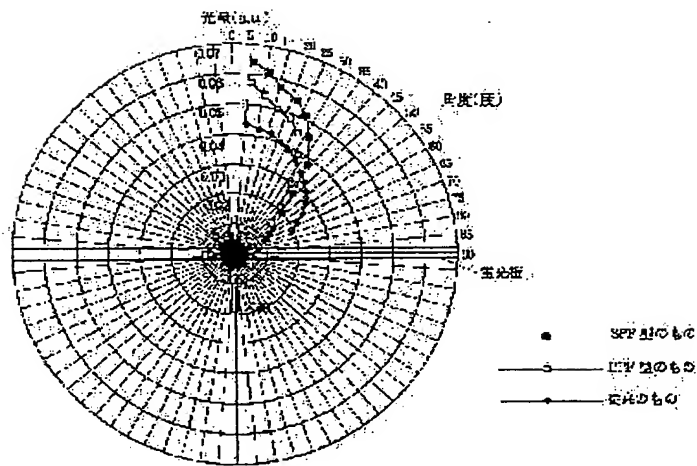
【図4】



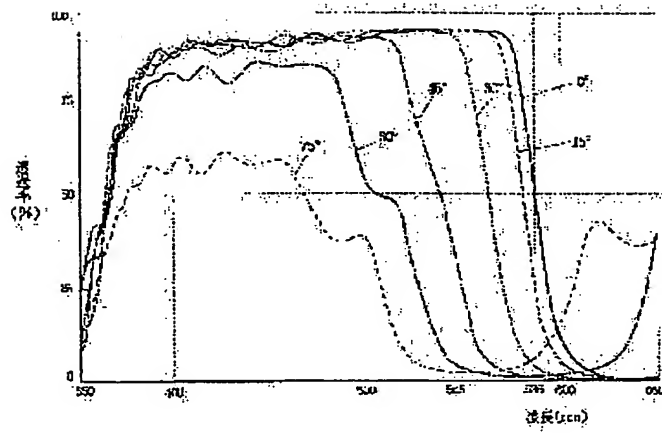
〔図5〕



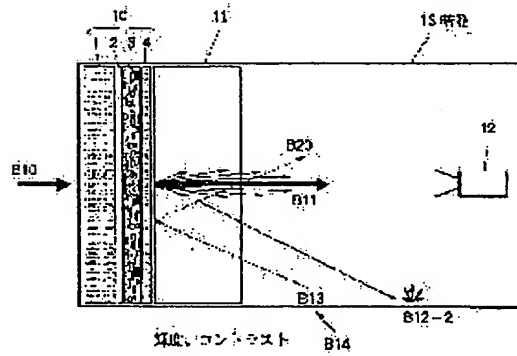
〔図6〕



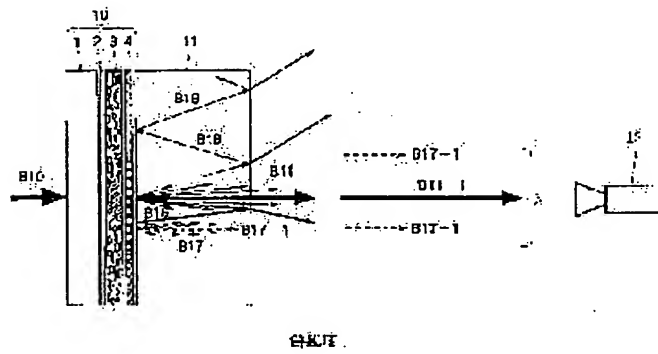
【図7】



【図8】

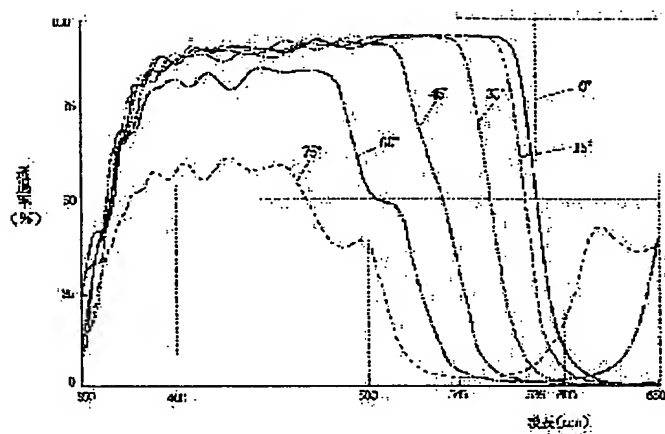


【図9】

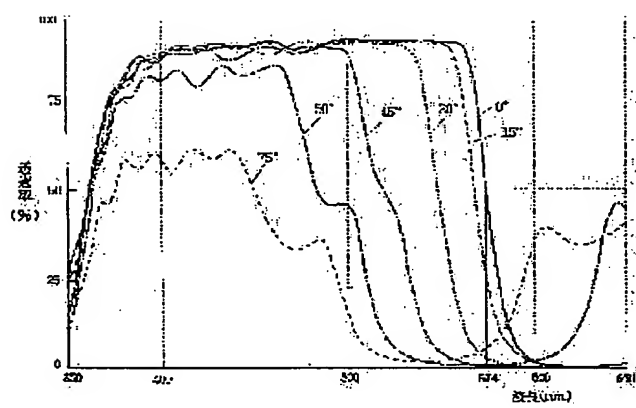




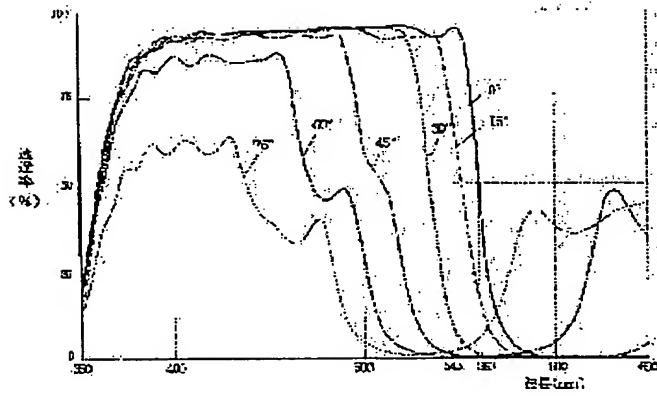
【图 10】



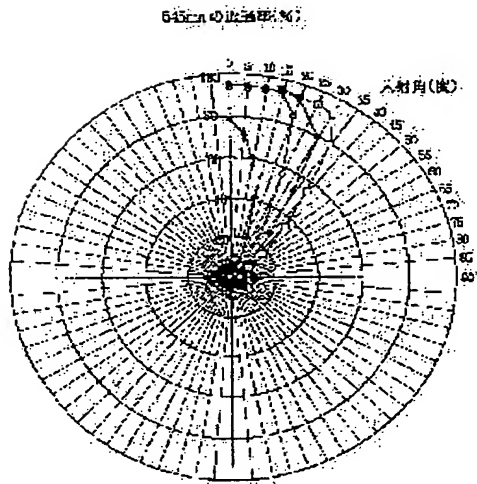
【图 11】



【図1-2】

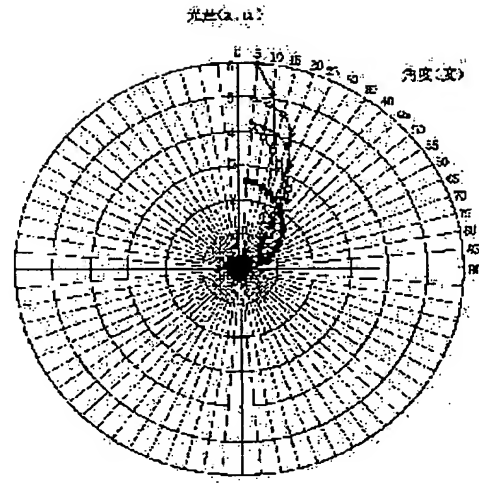


【図1-3】



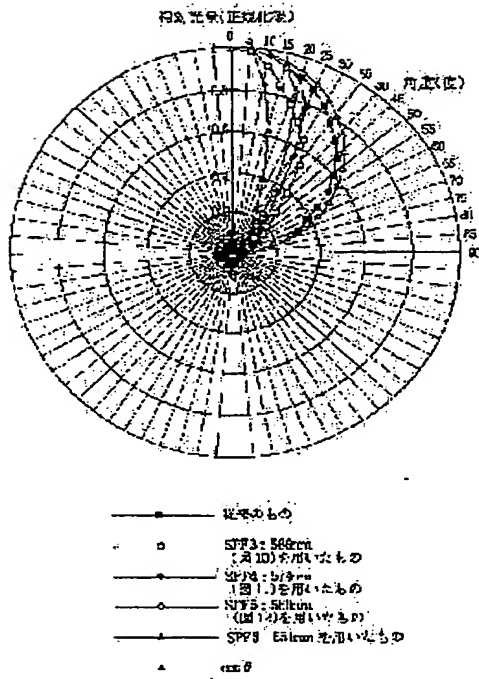
u SPP3: 580nm  
(E 10)  
● SPP4: 574nm  
(E 11)  
◇ SPP5: 560nm  
(E 12)  
▲ SPP6: 551nm

【図1-4】

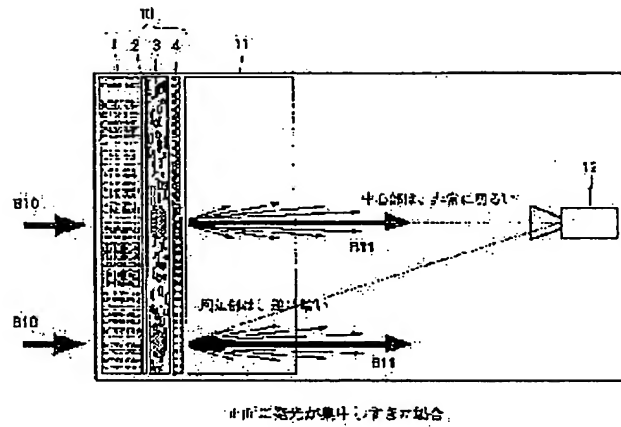


—●— 透射したもの  
SPP3: 580nm  
(E 10)を用いたもの  
—◇— SPP4: 574nm  
(E 11)を用いたもの  
● SPP5: 560nm  
(E 12)を用いたもの  
—▲— SPP6: 551nmを用いたもの

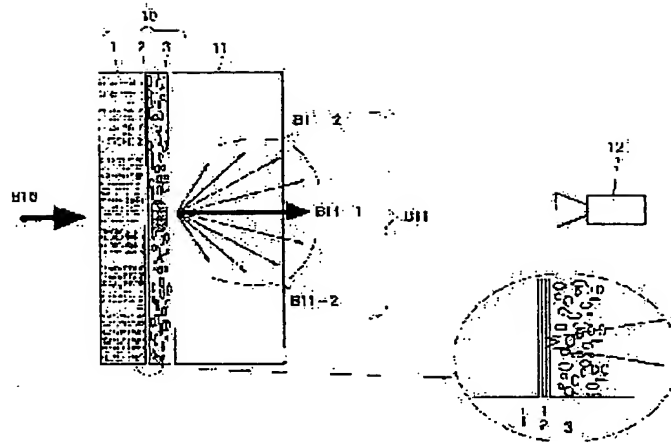
【図 15】



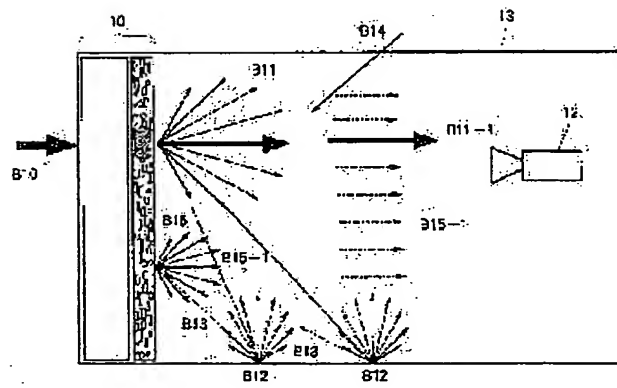
【図 17】



[圖 18]



[圖 19]



[圖 2-6]

